

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-166559

(43)Date of publication of application : 11.06.2002

(51)Int.Cl.

B41J 2/16  
B41J 2/045  
B41J 2/055

(21)Application number : 2000-368260

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 04.12.2000

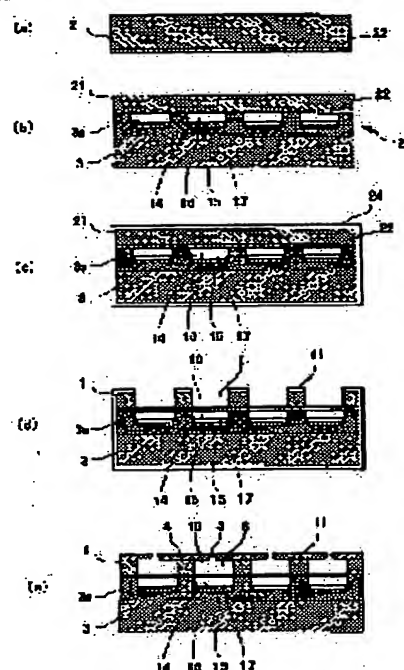
(72)Inventor : KOBATA YASUTAROU  
HASHIMOTO KENICHIRO  
YAMANAKA KUNIHIRO

## (54) LIQUID DROP EJECTION HEAD AND ITS MANUFACTURING METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem that the thickness of diaphragms varies.

SOLUTION: A single crystal silicon substrate 21 having a heavily doped P type impurity layer 22 formed on one side thereof is subjected to anisotropic etching with potassium hydroxide added with surfactant to leave the heavily doped P type impurity layer 22 thus forming a diaphragm 10.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-166559

(P2002-166559A)

(43) 公開日 平成14年6月11日 (2002.6.11)

(51) Int. Cl.

B 4 1 J 2/16  
2/045  
2/055

識別記号

F I

B 4 1 J 3/04

テームト (参考)

1 0 3 H 2 C 0 5 7  
1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-368260 (P2000-368260)

(22) 出願日 平成12年12月4日 (2000.12.4)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 木幡 八州太郎

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 橋本 憲一郎

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74) 代理人 230100631

弁護士 稲元 富保

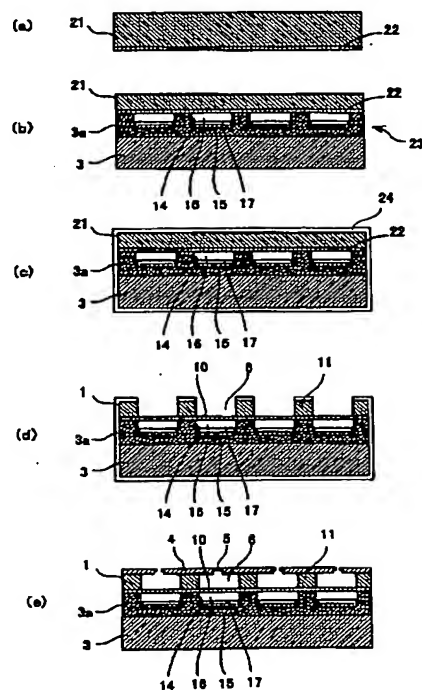
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液滴吐出ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 振動板の厚さにバラツキが生じてしまう。

【解決手段】 片面に高濃度P型不純物層22が形成された単結晶のシリコン基板21を、界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングして、高濃度P型不純物層22を残留させて振動板10を形成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する液室と、この液室の壁面を形成する振動板とを有し、この振動板を変形変位させることで前記ノズルから液滴を吐出させる液滴吐出ヘッドの製造方法において、片面に高濃度P型不純物層が形成された単結晶のシリコン基板を、界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングして、前記高濃度P型不純物層を残留させて前記振動板を形成することを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の液滴吐出ヘッドの製造方法において、前記添加剤を加えない水酸化カリウム水溶液で高濃度P型不純物層の近傍までエッチングし、続いて、前記界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングして前記高濃度P型不純物層を残留させて前記振動板を形成することを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の液滴吐出ヘッドの製造方法において、前記界面活性剤を水酸化カリウム水溶液中に飽和状態量以上で添加したことを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドの製造方法において、前記界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液の濃度が、10～35%であることを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項5】 請求項2に記載の液滴吐出ヘッドの製造方法において、前記界面活性剤を添加しない水酸化カリウム水溶液の濃度が、15～35%であることを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドの製造方法において、前記高濃度P型不純物層がイオン注入法により形成されていることを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項7】 請求項1乃至5のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドの製造方法において、前記高濃度P型不純物層が塗布拡散法により形成されていることを特徴とする液滴吐出ヘッドの製造方法。

【請求項8】 液滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する液室と、この液室の壁面を形成する振動板とを有し、この振動板を変形変位させることで前記ノズルから液滴を吐出させる液滴吐出ヘッドにおいて、この液滴吐出ヘッドは請求項1乃至7のいずれかに記載の製造方法で製造されていることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は液滴吐出ヘッド及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 プリンタ、ファクシミリ、複写装置、プロッタ等の画像記録装置或いは画像形成装置として用い

るインクジェット記録装置において使用する液滴吐出ヘッドであるインクジェットヘッドは、インク滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する液室（吐出室、加圧液室、圧力室、インク流路等とも称される。）と、液室内のインクを加圧する圧力を発生する圧力発生手段とを備えて、圧力発生手段で発生した圧力で液室内のインクを加圧することによってノズルからインク滴を吐出させる。

【0003】 従来のインクジェットヘッドとしては、圧電素子などの電気機械変換素子を用いて液室の壁面を形成している振動板を変形変位させることでインク滴を吐出させるピエゾ型のもの、液室内に配設した発熱抵抗体を用いてインクの膜沸騰でバブルを発生させてインク滴を吐出させるバブル型のもの、室の壁面を形成する振動板（又はこれと一体の電極）と電極を用いて静電力で振動板を変形変位させることでインク滴を吐出させる静電型のものなどがある。

【0004】 ここで、特に静電力で振動板を変形させ、その復元力で圧力を発生させる静電型インクジェットヘッドにおいては、振動板の剛性はインク滴吐出特性（噴射特性）に大きく影響する。そして、インク滴を吐出するノズルの高密度化、つまり圧力室／振動板の幅が狭くなることによる振動板の薄膜化に伴ない、振動板板厚ばらつきの影響が一層大きくなり、より高精度の板厚制御が必要となる。

【0005】 そこで、特開平6-71882号公報や特開昭53-63880号公報に記載されているように、単結晶のシリコン（Si）の高濃度P型不純物層においてアルカリ異方性エッチング液によるエッチングレートが極端に遅くなる現象を利用し、高濃度P型不純物層のみを残留させることで、振動板となる単結晶のSi薄膜を形成する方法が知られている。

【0006】 このような高濃度不純物拡散層によるエッチングストッププロセスを利用して圧力室および振動板を形成する場合、特開平9-234873号公報に記載されているように、高濃度P型不純物層が形成された面の反対側の面から高濃度P型不純物層の近傍まで、高濃度の水酸化カリウム水溶液（以下、「KOH水溶液」という。）で数十～数百 $\mu\text{m}$ エッチングし、続いて、低濃度のKOH水溶液を用いてエッチングすることで高濃度P型不純物層を残留させて、振動板を形成する方法が知られている。これは、まず高濃度水溶液でエッチング初期の面荒れを抑え、最後に高濃度P型不純物層での選択比の大きい低濃度水溶液でエッチングストップさせることにより、振動板の厚さムラ及び表面粗さを小さくしようとするものである。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように低濃度のKOH水溶液によるエッチングで高濃度P型不純物層を均一にストップさせるためには、P型不純物の濃度勾

配を $1\text{E}20/\text{cm}^3$ 以上において急峻な勾配を形成しなければならない。しかし、振動板の薄膜化に伴い、高濃度の不純物拡散層を浅く形成しなければならず、特に固相拡散法のような不純物導入法では技術的な制限があり、均一なP型不純物分布を得ることが困難になっている。

【0008】また、低濃度のKOH水溶液によるエッチングは不安定な性質を示す。すなわち、 $10\text{wt}\%$ 以下のような低濃度領域においては、KOH濃度が薄くなるに従いエッチングレートが急激に低下する傾向を示し、反応表面近傍でのエッチング液組成を決定する拡散現象が大きくエッチング特性に影響を与える。

【0009】そのため、エッチング槽内での液の流れにも大きく影響を受け、ウェハ面内でのチップの位置又はチップ内でのビットの位置、さらには、ビット内の位置、振動板厚さ、表面性又はそれらの均一性なども異なってしまう。そのため、インク滴速度やインク滴量等の噴射特性のばらつきが大きくなり、高画質化又は高速化の妨げとなっている。

【0010】さらに、上述のように微少なエッチング液組成の変化でもエッチング特性が変化するため、エッチング液の液量に対するエッチング処理量、処理回数などによってもエッチング特性が変化する。

【0011】例えば、同一のエッチング液を用いて数回バッチ処理すると、最初のバッチと最後のバッチでは、エッチングレートの低下だけでなく、振動板厚さの均一性や表面粗さも悪化するため、バッチごとに作製された振動板の機械的特性も変化してしまい、エッチング時間を変化させただけでは対応できなくなる。そのため、バッチごとにエッチング液を交換する必要がある、エッチング液のコストあるいは不要となったエッチング液の廃液処理コストが高くなる。

【0012】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、振動板の製造コストを低減し、噴射特性のバラツキが少なく、且つ、信頼性の高い液滴吐出ヘッド及びその製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法は、片面に高濃度P型不純物層が形成された単結晶のシリコン基板を、界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングして、高濃度P型不純物層を残留させて振動板を形成するものである。

【0014】ここで、界面活性剤を加えない水酸化カリウム水溶液で高濃度P型不純物層の近傍までエッチングし、続いて、添加剤を添加した水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングして高濃度P型不純物層を残留させて振動板を形成することが好ましい。また、添加される界面活性剤は低級アルコールであり、水酸化カリウム水溶液中に飽和状態量以上で添加することが好ましい。

【0015】これらの各本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法においては、添加剤を添加した水酸化カリウム水溶液の濃度が、 $10\sim35\%$ であることが好ましい。また、添加剤を添加しない水酸化カリウム水溶液の濃度が、 $15\sim35\%$ であることが好ましい。さらに、高濃度P型不純物層がイオン注入法或いは塗布拡散法により形成されていることが好ましい。

【0016】本発明に係る液滴吐出ヘッドは、上記の各本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法で製造されているものである。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。図1は本発明を適用した静電型インクジェットヘッドの分解斜視説明図、図2は同ヘッドの透過状態で示す上面説明図、図3は同ヘッドの液室長辺方向に沿う模式的断面説明図、図4は同ヘッドの液室短辺方向に沿う模式的断面説明図である。

【0018】このインクジェットヘッドは、第一基板である流路基板1と、流路基板1の下側に設けた第二基板である電極基板3と流路基板1の上側に設けた第三基板であるノズル板4との3つの基板を重ねて接合した積層構造からなり、複数のノズル5、各ノズル5が連通するインク流路である液室6、液室6に流体抵抗部7を介して連通する共通インク室8などを形成している。

【0019】流路基板1には、液室6及びこの液室6の底部となる壁面を形成する振動板10、各液室6を隔てる隔壁11を形成する凹部、共通インク室8を形成する凹部などを形成している。

【0020】この流路基板1は、片面に高濃度P型不純物層を拡散したシリコンウェハから作製され、特に液室6を高密度に形成する場合は、アルカリ異方性エッチングで垂直エッチングが可能な結晶面方位(110)のシリコンウェハに、前述のエッチングストップ技術を用いて液室6、振動板10、共通インク室8などを同時に形成する。

【0021】電極基板3には、シリコン基板を用いて熱酸化等で酸化膜3aを形成し、この酸化膜3aに凹部14を形成して、この凹部14の底面に振動板10に所定のギャップ16を置いて対向する電極15を形成し、この電極15と振動板10によって、振動板10を変位させて液室6の内容積を変化させるアクチュエータ部を構成している。なお、電極15は電極リード部15aを介して外部に延設して、外部駆動回路(ドライバIC)と接続するための端子部15bを一体に形成している。

【0022】なお、具体的には、シリコン基板に $2\mu\text{m}$ 厚みの酸化膜3aを形成し、この酸化膜3aに深さ $0.3\mu\text{m}$ 、電極15を設けるための凹部14をウェットエッチングにより $0.4\mu\text{m}$ の深さで形成する。この凹部14の底面に電極15となる窒化チタンをスパッタリングにより $0.2\mu\text{m}$ の厚さで基板全面に成膜し、その後

窒化チタンをパターン化することで電極15を形成している。したがって、流路基板1と電極基板3を直接接合等の方法で接合した後は振動板10が変形するためのギャップ16（振動板10と電極15との間隔）は0.2  $\mu\text{m}$ となる。

【0023】ノズル板4は、厚さ50  $\mu\text{m}$ のステンレス材（SUS）を用いて、ノズル5、液体抵抗部7及び共通インク液室8へ外部からインクを供給するためのインク供給口19を形成している。

【0024】上記のように構成したインクジェットヘッドにおいては、電極15に駆動回路20によって0V～35Vのパルス電位を印加すると、電極15の表面がプラス電位に帯電し、対応する振動板10の下面にマイナス電荷が誘起するので、振動板10は静電気の吸引作用により電極15側に撓む。次に、電極15へのパルス電位の印加をオフにすると、振動板10と電極15との間に蓄積された電荷の放電に伴ない振動板10が復元する。これにより、液室6内の急激な体積変化/圧力変化が生じて、液室6内のインクがノズル5からインク滴となって吐出される。さらに、振動板10が再び電極15側へ撓むことにより、インクが共通インク室8から流体抵抗部7を介して液室6内に補給される。

【0025】次に、上述したインクジェットヘッドに適用する本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法について説明する。先ず、流路基板1の基材となるシリコンウェハに形成する振動板10となるP型不純物層は、固体拡散法、塗布拡散法又はイオン注入法等の不純物導入方法により、半導体関連分野でP型不純物として多く使用されているボロンなどを用いて作製することができる。

【0026】ただし、それぞれの不純物導入方法においては、例えば、液室密度が300 dpiのインクジェットヘッドのように液室密度を高く配列する場合、振動板幅（液室間隔壁間の距離）が60  $\mu\text{m}$ 程度と短くなるので、低電圧で駆動させるためには少なくとも振動板の厚さを2  $\mu\text{m}$ 以下の薄さに形成しなければならず、高い振動板厚さ精度が要求され、導入条件に制限が生ずる。

【0027】すなわち、固体拡散法においては、拡散初期においてBNプレート等の拡散源からウェハ表面上への $\text{B}_2\text{O}_3$ 層の形成のされ方にムラがあるため、ウェハ面内、ウェハ間又はパッチ間で均一な面を形成するボロン濃度プロファイルを得るには拡散時間を長くする必要があり、拡散炉の性能にもよるが、少なくとも60分以上の拡散時間で拡散することが好ましい。

【0028】この場合、厚さ1～2  $\mu\text{m}$ 程度の薄い振動板を形成するには、拡散深さを浅く形成しなければならず、拡散温度を下げなければならない。例えば、固体拡散法を用いて、 $1\text{E}20/\text{cm}^3$ のボロン濃度で拡散深さ1.5  $\mu\text{m}$ のボロンプロファイルを得る場合、拡散温度1175℃では拡散時間30分、拡散温度1125℃では拡散時間70分であった。このように拡散温度を下

げた場合、ボロン濃度が高い領域（ボロン濃度 $1\text{E}20/\text{cm}^3$ 以上の領域）では濃度勾配が更に緩やかになるため、低ボロン濃度でのエッチングレートを選択性を大きくする必要がある。

【0029】また、塗布拡散法においては、初めから拡散源がウェハ表面上に形成されているため、拡散時間を短く設定しても比較的均一にウェハ表面上に拡散することができるため、浅い拡散をするのに適している。しかし、固体拡散法に比べて高濃度のボロン拡散層を形成し難くなり、高濃度なボロン拡散層を形成するためには、例えばボロン濃度又は溶剤粘度の高い塗布剤を用いることが必要であるが、この塗布剤による塗布膜にはムラが生じ易く、ウェハ面内での拡散ムラも大きくなる。そのため、低いボロン濃度でのエッチングストップが必要となる。

【0030】さらに、イオン注入法においては、面内で均一な深さにボロンを注入できるため、拡散時間が短くても均一なボロン拡散層を形成でき、注入エネルギーを変化させることにより拡散深さ2  $\mu\text{m}$ 程度までは任意に導入できる。しかしながら、2  $\mu\text{m}$ の深さに $1\text{E}20/\text{cm}^3$ 以上の濃度の高濃度ボロン拡散層を形成しようとすると、ドーズ量を非常に大きくしなければならず、生産性、コストなどの面からみて、より低いボロン濃度でエッチングストップさせることが好ましい。

【0031】したがって、いずれの拡散方法においても、振動板の厚さの均一性又は生産性、コストなどの面から、KOH水溶液の高濃度P型不純物層でのエッチング選択比を大きくする必要がある。

【0032】そこで、本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法においては、高濃度のKOH水溶液に界面活性剤を添加して、異方性エッチングすることにより、高濃度P型層を残留させて振動板を形成している。その結果、KOH水溶液の高濃度P型不純物層でのエッチングレート比が大きくなるため、振動板の厚さのバラツキ及び面内でのバラツキが低減し、表面粗さのバラツキも低減して、高精度厚みの振動板を低コストで製造することができる。

【0033】図5は、2メチル-1プロパノールを飽和溶解量以上（KOH水溶液とは分離した2メチル-1プロパノールの層が液面に形成されるまで）に添加した30wt% KOH水溶液と、添加剤を添加しない10wt% KOH水溶液を用いて、それぞれ80℃の液温で高濃度のボロン層を形成した結晶面方位（110）のシリコンウェハをエッチングし、高濃度ボロン層が形成されていない部分でのエッチングレートを基準として、ボロン拡散部でのボロン濃度に対するエッチングレート比を測定し比較した結果である。

【0034】なお、この実施例では、500  $\mu\text{m}$ の結晶面方位（110）のP型中抵抗Siウェハ（15  $\Omega\text{cm}$ ）の片面に、固体拡散法により1150℃/200min

の条件で高濃度ボロン層を形成し、LP-CVDで作製したSi窒化膜をエッチングマスクして、幅100 $\mu$ mの短冊状のエッチングパターンを高濃度ボロン層と反対側の面に形成し、エッチングウェハを作製した。

【0035】またエッチングにおいては、容器に還流装置を接続して容器内の液を攪拌しながら、エッチング時に発生するH<sub>2</sub>の泡付着による影響を低減するため、高濃度ボロン層近傍までシリコンウェハを25wt%のKOH水溶液でエッチングした後、前述の界面活性剤添加KOH水溶液または低濃度KOH水溶液でエッチングした。

【0036】同図に示すように、いずれのエッチング液でも2~3E19/cm<sup>3</sup>のボロン濃度に対してエッチングレート比が低下し始めたが、10wt%KOH水溶液では、5E19/cm<sup>3</sup>のボロン濃度では1/10程度であり、1/100以下のエッチングレート比まで下げるためには1.2E20/cm<sup>3</sup>以上のボロン濃度が必要であった。

【0037】これに対して、添加剤2メチル-1プロパノールを添加した30wt%KOH水溶液では、ボロン濃度5E19/cm<sup>3</sup>以上で1/100~1/300までエッチングレート比が急激に下がっている。すなわち、界面活性剤を添加することにより、より低ボロン濃度でのエッチングストップが可能になった。

【0038】KOH濃度を変化させても同様の効果が得られるが、アルカリ濃度が濃くなるとKOH水溶液中へのアルコールの溶解度が低下し、40wt%以上のKOH水溶液では、エッチングレート比が1/100以上になった。また界面活性剤を添加するとエッチングレートは低下し、30wt%の場合で0.6 $\mu$ m/min、20wt%場合は0.3 $\mu$ m/min程度になった。さらにアルカリ濃度が薄くなると、溶解度が大きすぎてエッチングレートが著しく低下し、5wt%の場合0.1 $\mu$ m/min以下になり、またエッチングレートも不安定になった。したがって、添加剤を加えるKOH水溶液濃度としては、10~35wt%の範囲であることが好ましい。

【0039】また、この実施例のように振動板形成の際に数十~数百 $\mu$ mのシリコンエッチングが必要な場合、最初にエッチングレートばらつきが小さく、且つ2.4~2.8 $\mu$ m/min程度のエッチングレートが得られる15~35wt%のKOH水溶液で、エッチングマスク面から高濃度P型層近傍までエッチングした後、振動板を形成する段階で界面活性剤を添加したKOH水溶液を用いることにより、振動板板厚ばらつきを抑制するだけでなく、エッチング時間を短縮することができ、生産性を高めることができる。

【0040】また、上述の2メチル-1プロパノールや2-プロパノールのような低級アルコールだけでなく、多価アルコールやエチレングリコール型の界面活性剤なども、上述したと同様に低ボロン濃度でのエッチングス

トップ傾向を示した。

【0041】次に、KOH水溶液に添加する添加剤の添加量を変化させて、前述の実施例と同様のボロンを拡散したシリコンウェハ、エッチング条件/方法で、振動板を作製した。添加剤には2-プロパノール、2-メチル-1-プロパノールのほかに2-プロパノールヘキシルポリオキシエチレンエーテル(3molEO付加物)を用いた。

【0042】その結果、いずれの添加剤でも1wt%以上の添加量では、エッチングレートはほぼ一定となり、一定量以上の添加量に対してほぼ飽和する傾向を示し、またエッチング選択比も、ボロン濃度5E19/cm<sup>3</sup>以上で1/100以下になった。しかし、添加量が少なくなるに従い、エッチングレートは速くなる一方、高濃度ボロン層でのエッチング選択比は急激に大きくなった。飽和濃度は、溶解度が一番大きい2-プロパノールが最も高くなり、緩やかな飽和傾向を示した。

【0043】また、ウェハ間・バッチ間のエッチングレートのばらつきは、飽和添加量以上では10%以下であったが、飽和添加量以下では添加量が小さくなるにつれて、いずれの添加剤でもばらつきが大きくなった。KOH水溶液中への溶解度が大きい一方、沸点が82度で最も低い2-プロパノールが顕著な傾向を示し、飽和添加量以上ではばらつきは小さかったが、飽和添加量以下の0.25wt%では最も大きくなった。

【0044】以上のことは、飽和量以上、つまり限界溶解量以上に界面活性剤を添加することにより、例えば沸点が低い界面活性剤を用いた場合でも、エッチング液中の添加剤濃度を一定の限界溶解量に保つことできる。その結果、エッチングレートのウェハ間・バッチ間のばらつきを小さくし、かつ高濃度ボロン拡散層での高いエッチング選択比を得ることで均一な振動板形成が可能になることを示している。

【0045】次に、本発明に係る製造方法を適用したインクジェットヘッドのアクチュエータ部の製造工程の実施例について図8を参照して説明する。なお、同図はヘッドの振動板短手方向の断面説明図である。

【0046】同図(a)に示すように、まず、両面研磨した厚さ500 $\mu$ mで結晶面方位(110)のP型低抵抗のシリコン基板21の片面にボロン拡散塗布液を塗布して、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなるボロン導入層を形成し、0.25%の酸素を混入した窒素を流しながら、1125℃-35分のドライブを行って、高濃度ボロン層22を形成し、ドライブ後拡散面表面に形成されたB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層をフッ酸(フッ化水素酸)により除去する。これにより、得られたボロン濃度分布は図9に示すようになる。

【0047】上述したように塗布拡散法では、短い時間でも比較的均一に拡散できるが、高いボロン濃度を得にくいため、最高でもボロン濃度は1E20/cm<sup>3</sup>程度になっている。この段階では拡散面の最表面にはSiと



ボロンの合金層が形成されて、表面も荒れているので、CMP研磨により化合物ごと除去し、直接接合が可能な表面性（表面粗さ $R_a = 5 \text{ \AA}$ 以下）に仕上げる。CMP研磨では、最表面を $1000 \text{ \AA}$ 以下でウェハ面内均一に研磨することができるため、高濃度ボロン層22の変化は微量であり、研磨量を見込んで拡散条件を決めれば、振動板厚さを制御することができる。また、合金層を酸化してフッ酸で除去した後、ウェハ面内をCMP研磨することもできる。

【0048】次に、同図（b）に示すように、作製されたシリコン基板22を、電極15などが形成されている電極基板3にボロン拡散側面を下にして貼り合わせ、 $900^\circ\text{C}$ —2時間の条件で熱処理し直接接合する。続いて、接合された2つの基板のうちのシリコン基板21が厚さ $100 \mu\text{m}$ になるまで研磨する。

【0049】その後、同図（c）に示すように、接合した基板23の全面にLP-CVD法によりSi窒化膜24を形成した後、電極基板3のパターンとシリコン基板21上に形成するエッチングパターンが一致するようにIR光でアライメントし、フォトリソグラフィプロセスでSi窒化膜のエッチングマスク層を形成する。

【0050】次に、同図（d）に示すように、液温 $80^\circ\text{C}$ の25wt% KOH水溶液を用いて、上述のエッチング方法で30分間1段階目のエッチングを行う。この条\*

名 称	振動板平均厚さ ( $\mu\text{m}$ )	厚さバラツキ $3\sigma$ ( $\mu\text{m}$ )	エッチングレート ( $\mu\text{m}/\text{min}$ )
1-プロパノール	2.0	0.1	0.6
2-プロパノール	2.0	0.15	0.5
2-メチル1-プロパノール	2.05	0.1	0.6
1-ヘキサノール	2.1	0.25	1.5
2-メチル1-プロパノール 液温 $90^\circ\text{C}$	1.9	0.15	2.5

【0056】この実施例では、いずれの添加剤でも、高いエッチングストップ性を示し、振動板表面のボロン濃度は $4 \sim 5 \text{ E } 19 \text{ cm}^3$ 程度になった。エッチングレートは、KOH水溶液中への各アルコールの溶解度と相関があり、限界溶解度が最も高い2-プロパノールが最も遅く、溶解度が非常に少ない1-ヘキサノールでは速くなった。振動板厚さばらつきは、沸点が比較的高い1-プロパノールと2-メチル1-プロパノールで最も小さくなったが、1-ヘキサノールでは大きくなった。

【0057】また上述の沸点が $108^\circ$ と高い2-メチル1-プロパノールを添加したKOH水溶液の液温を、 $80^\circ\text{C}$ から $90^\circ\text{C}$ にあげて同様の方法で作製した結果、振動板表面のボロン濃度は $6 \text{ E } 19 \text{ cm}^3$ 程度で高いエッチングストップ性を示す一方、エッチングレートも $2.5 \mu\text{m}/\text{min}$ と速くなった。

【0058】以上の結果は、界面活性剤の極性基と非極性基の種類、分子の大きさ等を変えることにより、溶解度や効率率を変えることができ、適当なエッチング特性を示す添加剤を用いることができることも示している。

\* 件のエッチング液では、結晶面方位(110)のシリコン基板21は、 $2.7 \mu\text{m}/\text{min}$ のレートでエッチングでき、 $80 \pm 2 \mu\text{m}$ の深さにエッチングされる。

【0051】続いて、アルコールを添加剤として飽和添加量以上に添加した $80^\circ\text{C}$ —30wt%のKOH水溶液で高濃度ボロン層でのストップエッチングをして、高濃度ボロン層22からなる振動板10及び吐出室6などを有するシリコン基板21からなる流路基板1を形成する。

【0052】その後、同図（e）に示すように、流路基板1上にノズル板4を接合してインクジェットヘッドを完成する。

【0053】この実施例では、添加剤のアルコールに1-プロパノール、2-プロパノール、2-メチル1-プロパノール、1-ヘキサノールを用いて、それぞれ高濃度ボロン拡散層でのエッチング時間が、低濃度部分での $20 \mu\text{m}$ のエッチングに相当する時間になるようにエッチング時間を調整した。

【0054】表1に上述した各アルコールを添加剤としてエッチングした場合の振動板の平均厚さ、厚さばらつき、また低ボロン濃度部のエッチングレートを測定した結果を示す。

【0055】

【表1】

ただし、起泡性の高い界面活性剤の場合、エッチング時に発生する水素の泡の基板への付着時間が長くなると、付着部分で振動板表面形状また板厚が変化する場合はある。消泡性という点では、低級アルコールが優れており、エッチング温度とアルコールの沸点を考慮して、選択することが好ましい。

【0059】以上の実施例で、界面活性剤を添加したエッチング液においては、いずれの場合も複数回使用しても低濃度KOH水溶液で見られたようなエッチング特性の劣化は見られなかった。

【0060】特にKOH水溶液よりも比重が軽い低級アルコールを過剰に添加した場合、エッチング液の上部に被膜され、比重の重い分子量の大きい界面活性剤においても水と空気の界面において被覆されるため、水の蒸発や空気中の炭酸ガスのエッチング液中への溶解を抑制することができ、長期に渡ってエッチング液の使用が可能となる。

【0061】なお、上記実施形態では振動板変位方向とインク滴吐出方向が同じになるサイドシュータタイプの

インクジェットヘッドに適用した例で説明しているが、振動板変位方向とインク滴吐出方向が直交するサイドシュータタイプのヘッドにも同様に適用することができる。

【0062】また、上記実施形態では振動板を静電力で変位させてインクを吐出させる静電型インクジェットヘッドに適用した例で説明したが、振動板を圧電素子などの電気機械変換素子で変形させてインク滴を吐出させる

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法によれば、片面に高濃度P型不純物層が形成された単結晶のシリコン基板を、界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングして、高濃度P型不純物層を残留させて振動板を形成することにより、厚さが均一な振動板を低コストで製造することができて、滴吐出特性のバラツキの少ないヘッドを

【0064】本発明に係る液滴吐出ヘッドの製造方法によれば、界面活性剤を加えない水酸化カリウム水溶液で高濃度P型不純物層の近傍までエッチングし、続いて、界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液で異方性エッチングして高濃度P型不純物層を残留せしめて振動板を形成することにより、厚さが均一な振動板を短時間で、低コストで製造することができて、滴吐出特性のバラツキの少ないヘッドを低コストで得ることができる。

【0065】ここで、界面活性剤を水酸化カリウム水溶液中に飽和状態量以上に添加することにより、より安定した条件で均一な厚さの振動板を得ることができる。また、界面活性剤を添加した水酸化カリウム水溶液の濃度を10～35%とすることにより、安定したエッチング\*

\* 特性で、しかも、高濃度のP型層での高い選択性を得ることができる。

【0066】また、界面活性剤を添加しない水酸化カリウム水溶液を用いた二段階のエッチングを行う場合の水酸化カリウム水溶液の濃度を15～35%とすることにより、短時間でより均一な振動板を形成することができる。

【0067】さらに、高濃度P型不純物層をイオン注入法により形成することで、均一なボロン拡散層を浅く形成できるため、厚みの薄い振動板をより均一に形成することができる。また、高濃度P型不純物層を塗布拡散法により形成しても、同様に厚みの薄く均一な振動板を高スループットで作製することができる。

【0068】本発明に係る液滴吐出ヘッドによれば、本発明に係る製造方法で製造されているので、滴吐出特性のばらつきが少なく、低コスト化を図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した静電型インクジェットヘッドの分解斜視説明図

【図2】同ヘッドの透過状態で示す上面説明図

【図3】同ヘッドの液室長辺方向に沿う模式的断面説明図

【図4】同ヘッドの液室短辺方向に沿う模式的断面説明図

【図5】同ヘッドにおけるボロン濃度とエッチングレート比の測定結果の説明に供する説明図

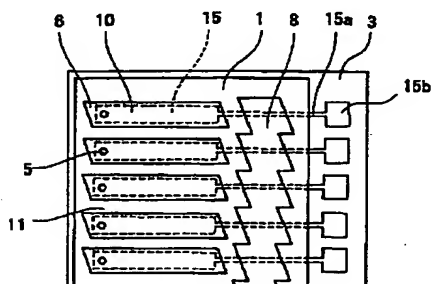
【図6】同ヘッドの製造工程の説明に供する説明図

【図7】塗布拡散法におけるボロン濃度分布図の説明に供する説明図

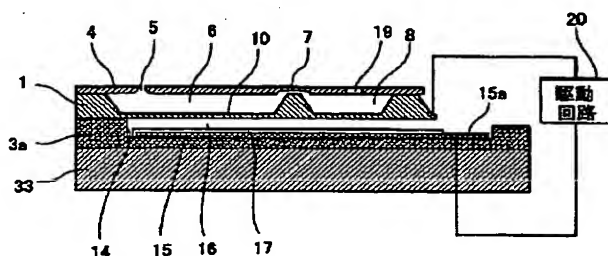
【符号の説明】

1…流路基板、3…電極基板、3a…酸化膜、4…ノズル板、5…ノズル、6…液室、10…振動板、15…電極、21…シリコン基板、22…高濃度ボロン層。

【図2】

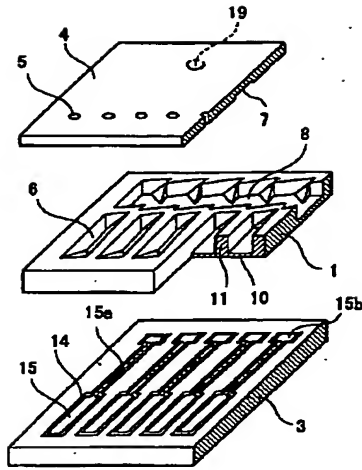


【図3】

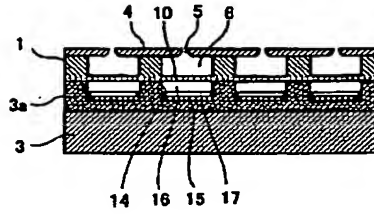




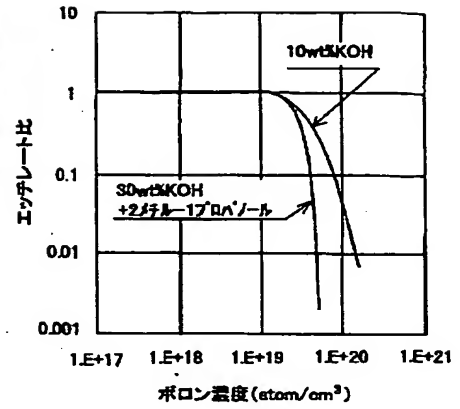
【図1】



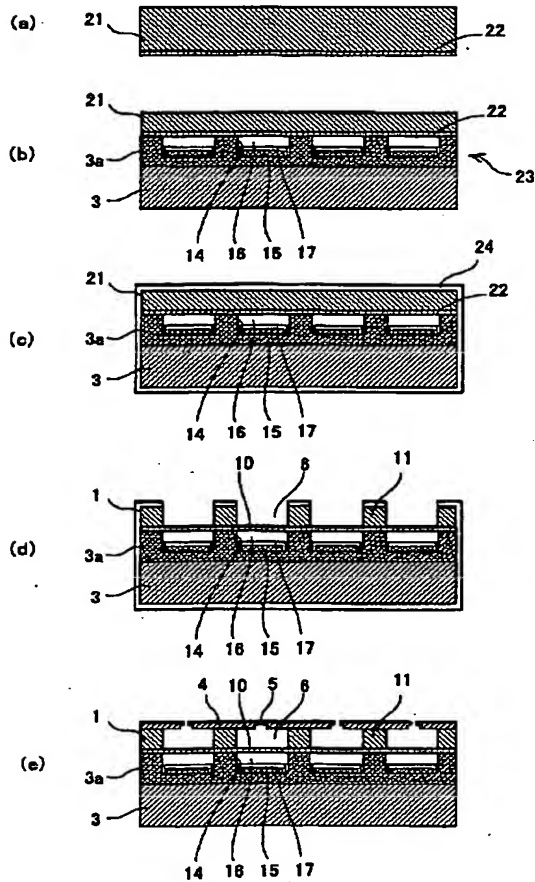
【図4】



【図5】

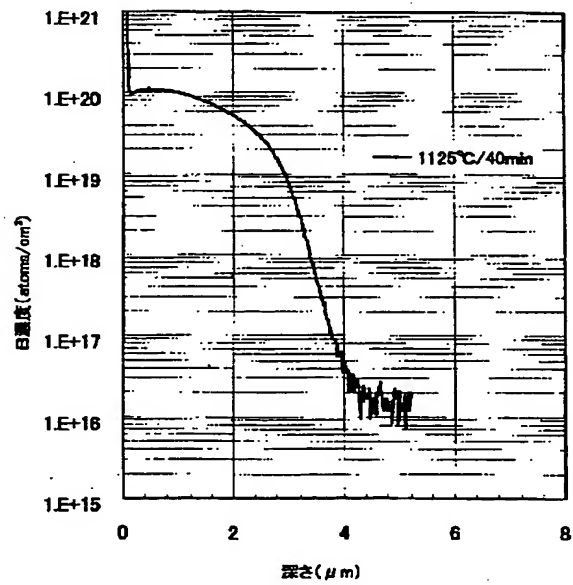


【図6】



【図7】

窒素拡散ボロンSIMSプロファイル



フロントページの続き

(72)発明者 山中 邦裕  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

Fターム(参考) 2C057 AF93 AG12 AG54 AP02 AP34  
AP58 BA15